

Agricultures des savanes du Nord-Cameroun

Vers un développement solidaire
des savanes d'Afrique centrale



Projet Garoua

IRAD ■ CIRAD ■ ORSTOM

Ministère de la recherche scientifique et technique du Cameroun

Ministère français de la coopération

Caisse française de développement

Actes de l'atelier d'échange

25-29 novembre 1996

Garoua, Cameroun




Illustration de couverture
Récolte de sorgho, Cameroun.
J. Martin

© CIRAD 1997

O

ptimisation du couple animal-outil

Applications aux cas du zébu, de l'âne et du cheval au Nord-Cameroun

E. VALL

CIRAD-EMVT / IRAD, station zootechnique, BP 1073, Garoua, Cameroun

O. ABAKAR

IRAD, station zootechnique, BP 1073, Garoua, Cameroun

Résumé — Dans les années 1980, les performances des animaux de trait dans les systèmes de production de la zone subsaharienne d'Afrique francophone étaient méconnues. De plus, la place de l'animal, dans les stratégies de développement de la traction attelée, apparaissait souvent à la marge. L'étude expérimentale relatée a été conduite, de 1991 à 1995, dans le bassin cotonnier du Nord-Cameroun à la station de recherches zootechniques de Garoua. Cette étude a fait appel à une chaîne de mesures informatisée pour caractériser les capacités de travail des trois espèces animales attelées dans cette zone (zébu, âne et cheval) pour des efforts de traction variables et sous des conditions climatiques contrastées (saison sèche/saison pluvieuse). Les résultats obtenus montrent que les plages d'efficacité maximale au travail par espèce sont différentes, mais complémentaires : âne : force de traction < 30 kg ; vitesse : 2,6-3,2 km/h ; durée : 3-6 h/j. ; cheval : 25-45 kg ; 3,3 km/h ; 4 h 30-6 h 30/j. ; zébu : 25-75 kg ; 2,4-2,9 km/h ; 4 h 30-6 h 30/j. Le rendement énergétique net du travail de l'âne (26-29 %) est supérieur à celui du cheval (24-27 %) et du zébu (16-20 %). Il est montré qu'un animal effectuant un travail léger dépense au total beaucoup d'énergie pour sa locomotion, alors que pour un travail lourd, sa dépense énergétique est faible car l'effort, bien qu'intense, est de courte durée. Le référentiel mécanique proposé, bâti autour du concept d'adéquation animal-outil, est une aide à la décision pour l'équipement. Sa validité est critiquée et des améliorations sont proposées. Son utilisation en conditions paysannes permet d'apporter, par l'innovation technique, des solutions aux problèmes rencontrés que l'on peut ensuite affiner par le conseil de gestion.

Mots-clés : cheval, zébu, âne, traction animale, force, poids vif, vitesse, bioénergétique, travail, Nord-Cameroun.

Au début des années 80, la communauté scientifique constatait que, dans de nombreux pays en développement, il subsistait un retard de la connaissance sur les performances au travail des animaux de trait, leur physiologie et leur élevage (sélection, alimentation, santé, utilisation, harnachement, etc.) (SMITH, 1981).

Le thème de la traction animale, bien qu'intégré dans de nombreux projets de développement rural en Afrique, connaissait des succès divers en partie à cause d'une attention insuffisante accordée aux contraintes liées à l'animal (LHOSTE, 1989). Depuis, cette situation s'est améliorée. Divers ouvrages ont été consacrés à des études sur la place de la traction animale dans les systèmes de production, mais aussi sur l'animal de trait (COPLAND, 1985 ; HOFFMANN *et al.*, 1989). De plus, la mise au point d'appareillages électroniques, informatisés et portables, permettant d'effectuer des mesures sur des attelages en mouvement, ont apporté un renouveau méthodologique et généré un regain vigoureux de la recherche (KEMP, 1987 ; LAWRENCE et PEARSON, 1985).

En Afrique francophone, des travaux de base sur les performances des attelages existaient mais ils dataient des années 60 (SCHERRER, 1966). Dans une telle situation, il paraissait important pour le CIRAD-EMVT de revenir à des travaux assez fins sur les aspects mécanique et biologique du travail animal. En 1990, le CIRAD-EMVT a fait l'acquisition d'une chaîne de mesure informatisée et a décidé d'appliquer pour la première fois cette méthodologie sur un terrain d'étude francophone : le Nord-Cameroun. C'est un territoire assez représentatif de la zone agro-écologique de la culture du coton et, à ce titre, les études envisagées dans cette région ont une représentativité pour bien d'autres situations de la zone de savane. L'évolution des systèmes de production a été profondément marquée par le développement de la culture attelée : traction bovine dès 1950, puis asinienne — à partir de 1980 — et enfin équine — à partir de 1990. Le projet Garoua a offert à ce travail

un environnement scientifique pluridisciplinaire important de 1991 à 1995. Le travail de terrain a été réalisé entièrement au Cameroun, en liaison avec les chercheurs des institutions nationales de recherches : l'IRZV (Institut de recherches zootechniques et vétérinaires, Cameroun) et l'IRA (Institut de la recherche agronomique, Cameroun) et il a utilisé les moyens matériels et les facilités de la station de recherche de l'IRZV de Garoua.

Aujourd'hui, les paysans diversifient leurs choix en animaux de trait selon leur richesse, les contraintes agro-écologiques dominantes et leur besoin en force de traction (SODECOTON, 1995). Dans un contexte de crise économique sévère, leurs choix se portent de plus en plus vers des attelages moins chers et plus légers tels que des ânes et des chevaux. Cette diversification semble moins avancée pour les outils qui, en majorité, sont les formules vulgarisées massivement par la Sodécoton (Société de développement du coton du Cameroun) : robustes, efficaces en traction bovine mais chères et parfois peu adaptées à des formes de traction légère. Le concept d'adéquation animal-outil vise à définir des conditions d'utilisation techniques optimales d'un type d'attelage pour un type d'outil par rapport à des extrêmes (travail léger, travail lourd). On cherche à caractériser les capacités de travail d'un attelage dans un environnement de travail défini. C'est finalement la meilleure exploitation possible des capacités de travail des animaux (optimisation du travail de traction) et l'augmentation de la productivité du travail mécanisé qui sont recherchées.

La capacité de travail d'un attelage est définie par l'ensemble des paramètres mécaniques qui permettent de caractériser ses performances pour le travail attelé (force de traction, poids vif, vitesse, durée du travail, dépense énergétique). La connaissance de ces éléments permet de choisir les types d'attelages les plus appropriés pour un travail donné et inversement. Cependant, les facteurs de variations susceptibles de faire varier les capacités de travail d'un animal sont nombreux et difficilement contrôlables (état corporel,

santé, caractère, degré d'apprentissage). Dans l'étude relatée, la référence correspond à un cas simple où le gabarit de l'animal (poids vif) définit sa capacité de traction.

L'étude présente les résultats des recherches conduites à Garoua de 1991 à 1995 sur les performances au travail des trois espèces utilisées pour la traction dans le Nord-Cameroun (zébu, âne et cheval). Cette approche méthodologique nouvelle permet d'optimiser le couple animal-outil et de prendre en compte les facteurs liés à l'animal dans les stratégies de développement de la traction attelée. Les perspectives de développement de la recherche, ouvertes par cette approche, sont discutées.

Objectif

Approche expérimentale

Dans le Nord-Cameroun, quelle que soit l'espèce, l'exploitation des attelages est faible (VALL *et al.*, 1996). Cette situation pourrait être améliorée en fondant les stratégies de développement de la traction animale sur une meilleure maîtrise du travail animal. Les actions suivantes seraient envisageables :

- réduire la part d'empirisme lors du choix d'un attelage afin d'optimiser l'adéquation entre l'animal et l'outil, ce qui suppose une connaissance assez fine de la capacité physique des espèces pour le travail ;
- améliorer la gestion de l'effort sur la durée (dosage de l'intensité du travail, appréciation de la fatigue), ce qui suppose une bonne connaissance de la biologie de l'effort de traction.

Pour traiter ces questions, une approche expérimentale a semblé la mieux adaptée. Elle a été orientée sur l'évaluation de l'efficacité technique au travail du zébu, de l'âne et du cheval. L'effort de traction est un exercice musculaire particulier (figure 1). D'intensité le plus souvent moyenne, il commence par un

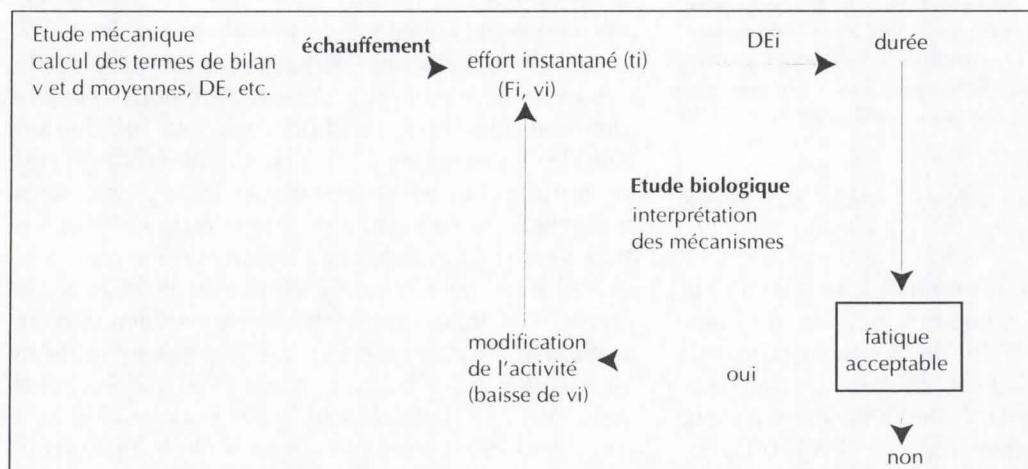


Figure 1.
Schématisation
du cycle de l'effort
en traction attelée.
Position de l'étude
mécanique et de
l'étude biologique .
F : force de traction ;
v : vitesse ; *d* : durée ;
DE : dépense
énergétique ;
ti : instant *i*.

échauffement de quelques minutes et se poursuit généralement sur une longue durée. L'animal manifeste sa fatigue, d'abord en modifiant son comportement (ralentissement, etc.), puis en s'arrêtant définitivement. Cette représentation simplifiée de l'effort de traction étant posée, il s'agissait d'abord de préciser les caractéristiques du travail attelé et leurs facteurs de variation dans une situation simple (travail en milieu contrôlé). Pour chaque espèce, l'appréciation de l'efficacité au travail a été engagée sur deux terrains :

- étude ensuite utilisés dans une perspective de développement ; un référentiel sous la forme de table a été construit.

Résultats visés

L'objectif fixé par le CIRAD-EMVT était de mettre au point une méthode simple permettant de caractériser l'aptitude à l'effort des diverses races locales de bovins, d'asins et d'équins, dans différentes conditions de milieu (température et humidité), avec des efforts de traction variables. Le projet prévoyait d'établir les relations entre le travail effectué et les caractéristiques physiologiques des animaux. Deux catégories de résultats ont été élaborées.

Meilleure connaissance du travail animal

Le premier type de résultats, relativement fondamental, porte sur les caractéristiques et les facteurs de variation du travail animal (intensité de l'effort, climat). Ils portent sur les aspects mécaniques et biologiques de l'effort attelé :

- les capacités de travail des trois espèces animales étudiées. Evaluation des termes de bilan du travail (durée et vitesse moyenne, dépense énergétique) et des plages d'efficacité maximum pour chaque individu ;
- le comportement à l'effort des animaux. Mécanismes et adaptations physiologiques (métabolisme énergétique, thermorégulation, récupération) pour produire un effort de longue durée ; recherches de facteurs limitants de l'effort (chaîne de l'oxygène, hyperthermie) ; caractérisation des manifestations de la fatigue (évaluation de la récupération cardiaque).

Innovations pratiques pour le développement

Le second type de résultats est finalisé pour le développement. Il s'agit d'une transcription des résultats précédents en un référentiel utilisable pour le développement :

- tables de performances au travail. Abaques destinés à optimiser l'adéquation entre l'animal et l'outil selon l'intensité de l'effort requis et la capacité de traction de tel ou tel attelage ;

- indicateurs biologiques. Critères simples permettant d'évaluer la capacité de récupération et la fatigue de l'animal, son stress thermique et l'intensité de l'effort qu'il produit.

Matériel et méthode

Pour les expérimentations, une chaîne de mesure informatisée, mise en route à Garoua, dès 1992, par le CIRAD-SAR a été utilisée de manière intensive (GALLET, 1992).

Les mesures ont été faites en saison des pluies, de juin à septembre (saison des cultures ; très forte hygrométrie : 100 % au lever du jour et au minimum 60 % à la mi-journée) ; et en saison sèche chaude, de mars à avril, (la température est très élevée, voisine de 30 °C au lever du jour et souvent supérieure à 40 °C au zénith).

Chaîne de mesure informatisée du CIRAD

La chaîne de mesure se compose d'une centrale d'acquisitions portable reliée à des capteurs placés sur l'attelage, via un boîtier de connexions (figure 2a). Ce boîtier, placé dans les mains de l'opérateur, lui permet de piloter la lecture (temps de scrutation 0,2 s) et l'enregistrement des données. A la fin d'une séance de travail, les données sont transférées de la centrale vers un micro-ordinateur puis analysées. Les capteurs mécaniques mesurent les paramètres de travail, la force de travail, la force de traction et la vitesse d'avancement. Les capteurs biologiques mesurent sur l'animal, la fréquence cardiaque, la température rectale et la lactatémie.

Choix des animaux

Il s'agit de zébus Goudali (350 à 450 kg) plus calmes que les Bororo ; d'ânes mâles et femelles (100 à 140 kg) et de chevaux métis BarbeDongolaw (225 à 300 kg). Le nombre d'individus étudiés par espèce est réduit (5 ou 6) en raison des contraintes d'effectifs qui ne permettaient pas d'observer plus de deux attelages simultanément. Cet inconvénient a été contourné en répétant les observations en 1993, 1994 et 1995, avec les mêmes animaux et dans les mêmes conditions. Le jour des essais, les animaux étaient frais (3 jours de repos entre deux essais) et entraînés (2 à 3 entraînements de 2 h chaque semaine). On a cherché à les maintenir dans un bon état corporel en soignant leur alimentation (couverture de leur besoin énergétique) et leur santé (déparasitages interne et externe réguliers, etc.). Ce standard est certes éloigné

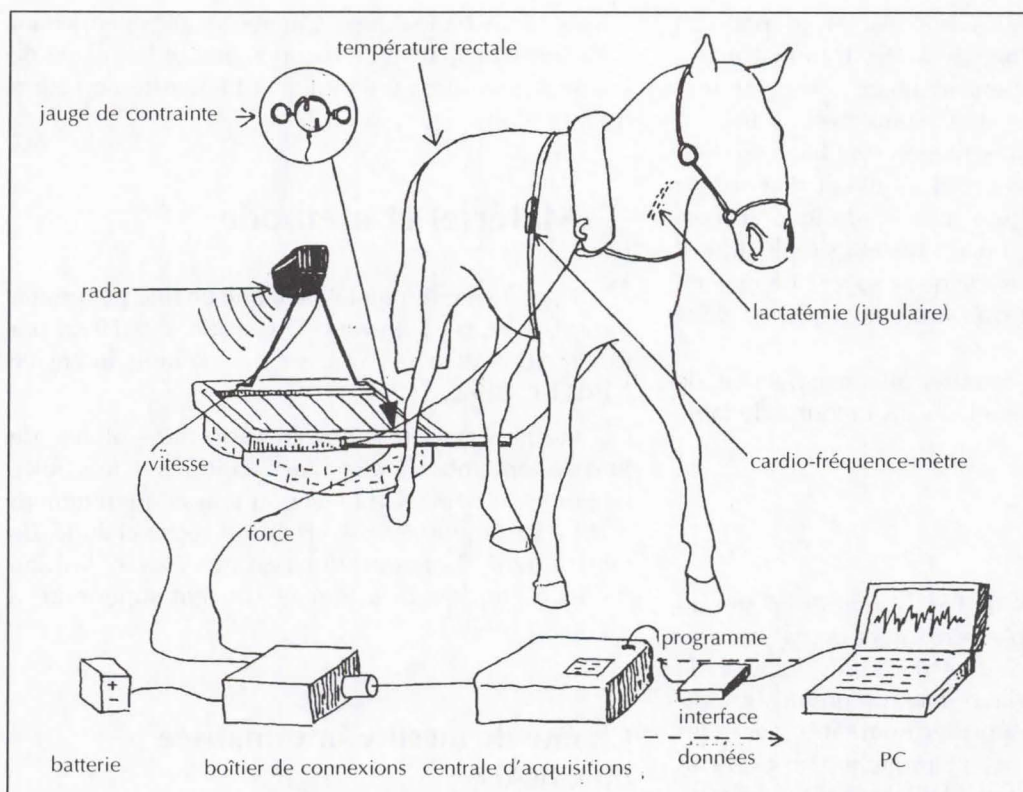


Figure 2a. Séance d'essai : schéma d'organisation.

des conditions paysannes mais il a l'avantage de minimiser les facteurs de confusion qui, conjugués à un effectif étudié limité, auraient gêné l'analyse des résultats.

Séance d'essai

Afin d'obtenir des séries d'observations comparables, un protocole simple de séances d'essai a été imaginé pour suivre les performances des attelages au travail (figure 2b). Il s'agit d'une simulation de l'effort de traction sur une piste agricole. Au cours d'une séance d'essai, un animal de poids vif connu (PV) tire, autour d'une piste (1 200 m), un traîneau lesté pour obtenir une force de traction (F) définie au préalable et maintenue constante tout au long de la séance (c'est-à-dire pour une durée allant de 30 mn à 7 h selon la charge). Les opérateurs effectuent une saisie complète des paramètres à chaque tour de piste. Un arrêt de 3 ou 4 minutes à la fin du tour permet d'effectuer certains contrôles et quelques mesures (température rectale, relevés météorologiques, etc.). L'arrêt de la séance d'essai est décidé lorsque l'animal refuse de continuer. Les animaux étaient attelés de manière individuelle pour comparer les résultats entre espèce. Au total, environ 120 séances d'essai équitablement réparties entre les espèces et les saisons ont été réalisées.

Résultats

Pour un animal donné et un effort de traction fixé, les observations ont permis de qualifier le travail réalisé (intensité de l'effort) et de quantifier les termes de bilan du travail de l'attelage.

Approche qualitative : intensité de l'effort

Notion d'effort optimum

L'intensité de l'effort de traction relative peut être définie par le rapport F/PV (exprimé en % PV ; F : force de traction en kg ; PV : poids vif de l'attelage en kg). Pour les séances d'essai, quatre intensités d'effort de traction (traitements) ont été choisies (zébu : 8, 10, 15 et 20 % PV ; équidés : 10, 15, 20, 25 % PV). Les observations ont permis de vérifier que la distance parcourue par un attelage (notée L) diminue proportionnellement à l'intensité de l'effort de traction (pour F comprise entre 5 et 25 % PV) (figure 3a). Il est possible de démontrer que l'équation du travail de traction (W) pour un déplacement (L), soit $W = F \times L$, décrit une parabole quand F varie (figure 3a) (BETKER KUTZBACH, 1991). Cette parabole passe par un maximum (noté W max). La valeur de F correspondant à W max est appelée force optimale de traction (Fopt).

Si la force de traction appliquée à l'animal est inférieure à F_{opt} , il effectue un travail dit « léger » (cas du transport, du semis...). Si la force de traction est supérieure à F_{opt} , il effectue un travail dit « lourd », l'animal se fatigue et s'arrête rapidement (labour profond, débardage...). Le niveau F_{95} est défini comme l'intervalle des forces centré sur F_{opt} , pour lesquelles le travail produit est supérieur à 95 % de W_{max} (figure 3a). Avec cette définition, les observations montrent que dans le cas du cheval et de l'âne, la force optimale de traction se situe entre 10 et 16 % PV et chez le zébu entre 9 et 15 % PV.

**Approche quantitative :
durée, vitesse, dépense énergétique**

Durée et vitesse moyenne

En réalisant des ajustements sur les données des séances d'essai concernant la durée et la vitesse moyenne, les résultats montrent que :

- la durée moyenne de travail varie dans une grande proportion lorsque l'intensité de l'effort augmente ; la durée de travail est sensiblement plus courte chez l'âne (figure 3b) ;

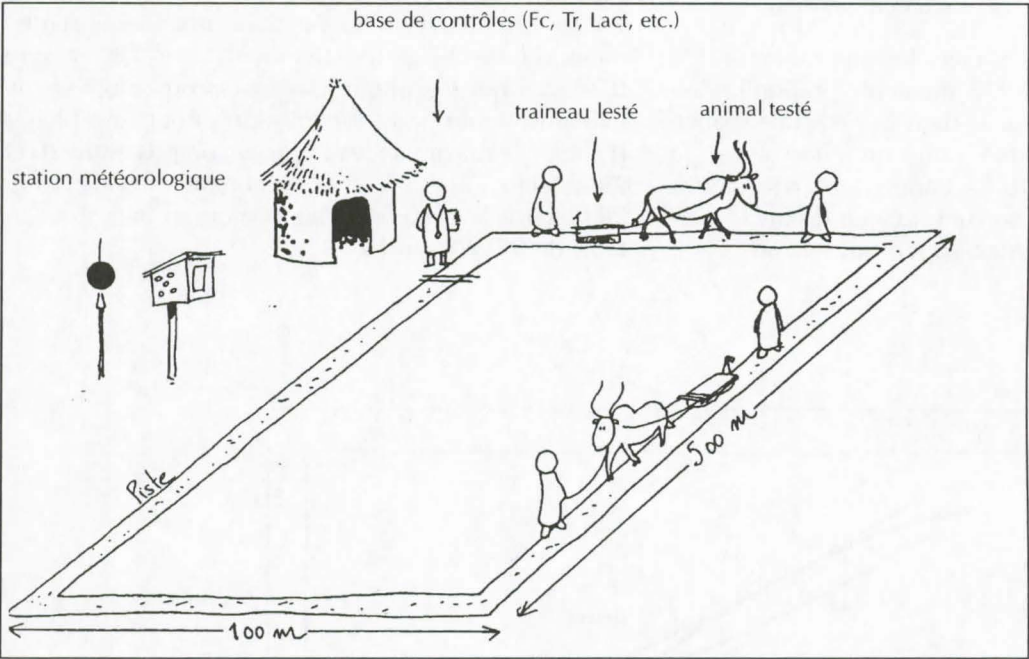


Figure 2b. Séance d'essai : schéma d'organisation.

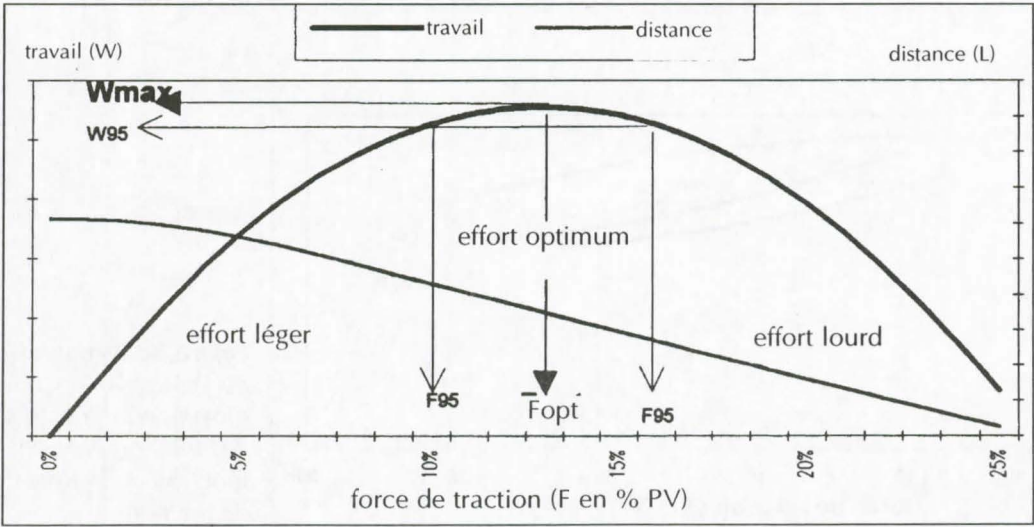


Figure 3a. Allure des courbes de la distance parcourue et du travail de traction en fonction de la force de traction.

– la vitesse moyenne, quant à elle, est relativement stable ; la rapidité du cheval le distingue nettement de l'âne et du zébu (figure 3c).

Dépense énergétique et rendement net du travail

La dépense énergétique liée au travail (DE en kJ) a été évaluée pour chaque espèce à l'aide d'une formule établie par le CTVM (Center for Tropical and Veterinary Medicine of Edinburgh, Scotland) (LAWRENCE et STIBBARDS, 1990). Cette formule additionne les dépenses énergétiques élémentaires lors d'un effort de traction selon le modèle :

$$DE = DE \text{ déplacement horizontal} + DE \text{ travail de traction} + DE \text{ portage} + DE \text{ déplacement vertical}$$

Ainsi, pour une distance fixée, lorsque l'intensité de l'effort (F) augmente, la DE augmente proportionnellement à F (figure 4a). Mais, dans le cas d'une séance d'essai, on constate que pour un effort léger (à gauche de F_{opt}), la DE de l'animal est très élevée parce qu'il se déplace sur une longue distance mais tire peu — sa force de traction n'est pas valorisée —,

alors que pour un effort intense (à droite de F_{opt}), sa DE se réduit dans une grande proportion lorsque F augmente car il réduit fortement son déplacement (figure 4b).

Le rendement net de travail des trois espèces a été comparé lorsque l'intensité de l'effort varie (figure 4c). L'expression du rendement net (noté r_{net}) est la suivante :

$$r_{net} = \frac{\text{travail de traction (W)}}{\text{dépense énergétique (DE)}}$$

La figure 4c montre que le r_{net} des équidés est meilleur que celui du zébu, ce qui peut s'expliquer par un coût élémentaire du déplacement horizontal plus faible chez les équidés — environ 1 contre 2 J/kgPV/m chez le zébu — et par un meilleur rendement du travail (respectivement 0,36-0,37 contre 0,30), ce qui s'explique par leur morphologie et le mécanisme de leur locomotion. Pour les plages d'efficacité maximale les r_{net} sont compris entre 26 et 29 % chez l'âne, 24 et 27 % chez le cheval ; 16 et 20 % chez le zébu (résultats conformes aux observations de BRODY en 1945).

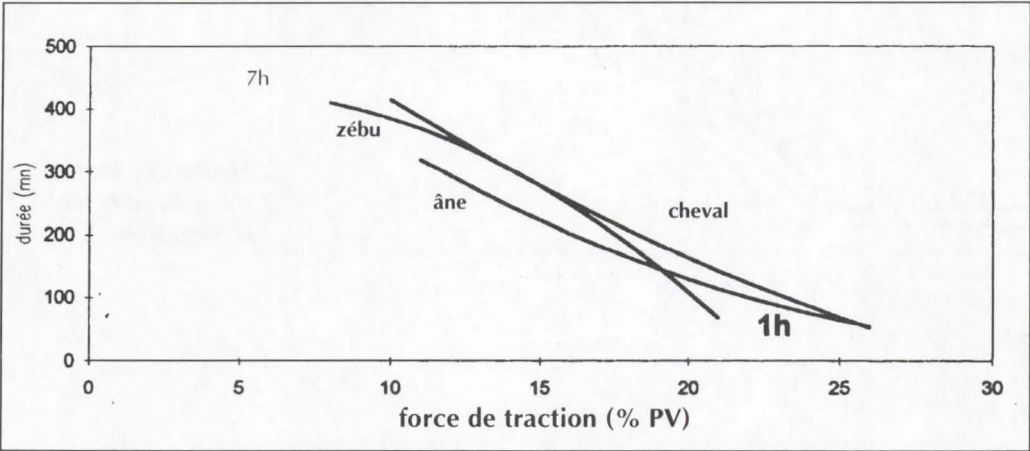


Figure 3b. Variations de la durée moyenne de travail des trois espèces en fonction de la force de traction.

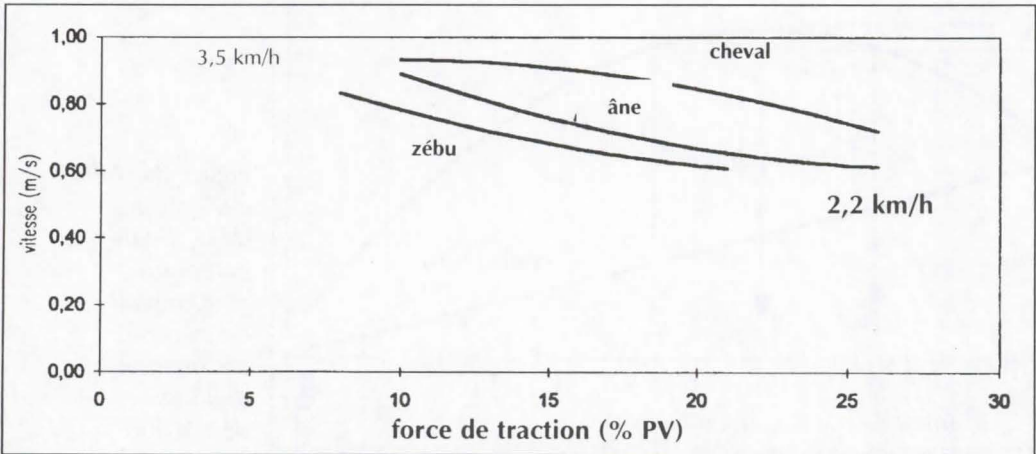


Figure 3c. Variations de la vitesse moyenne de travail des trois espèces en fonction de la force de traction.

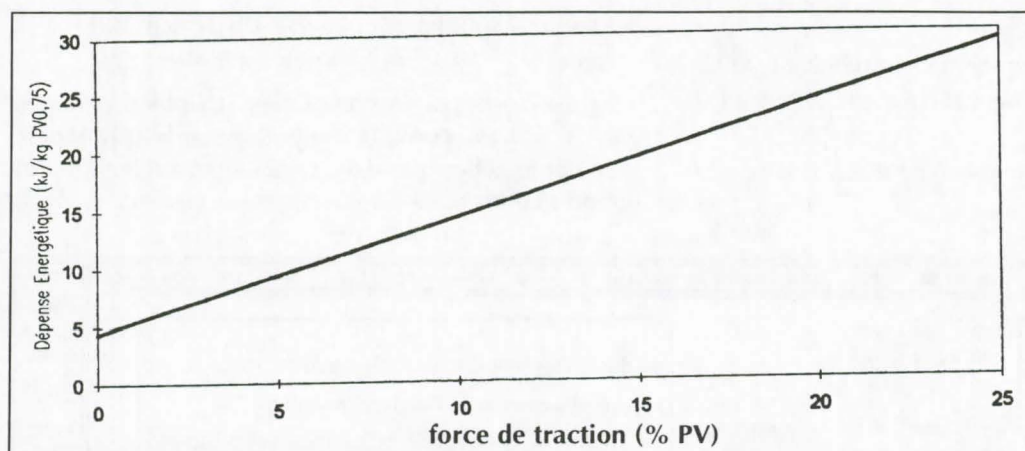


Figure 4a. Variation de la dépense énergétique liée au travail (DE) chez le cheval en fonction de la force de traction : cas d'une distance fixée.

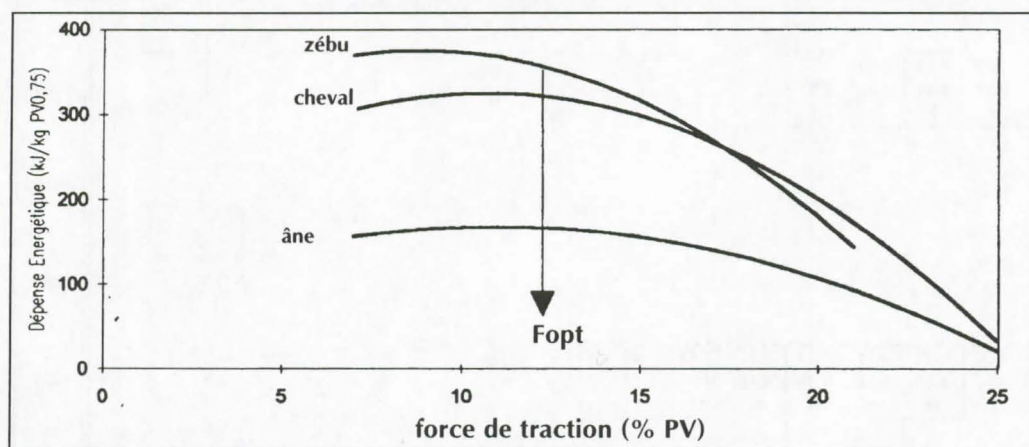


Figure 4b. Variation de la dépense énergétique liée au travail (DE) chez les trois espèces en fonction de la force de traction : cas d'une séance d'essai.

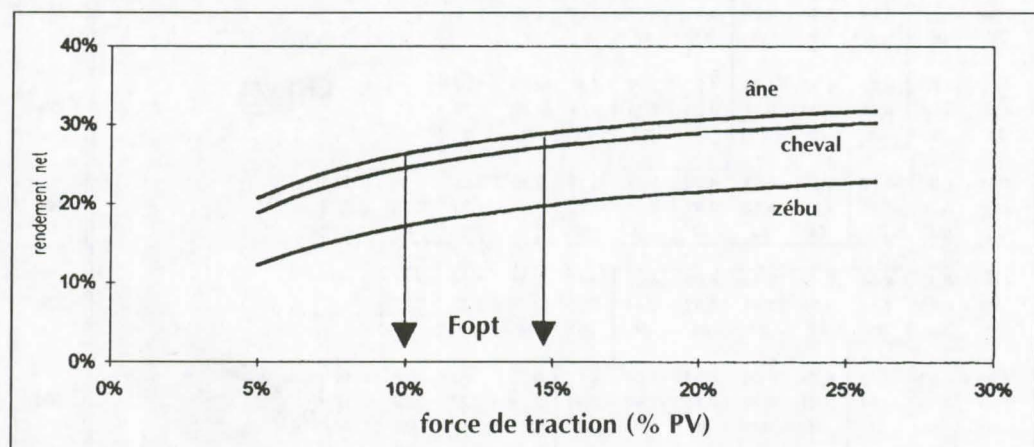


Figure 4c. Variations du rendement net du travail en fonction de la force de traction : comparaison des trois espèces.

Tables des performances

Présentation des tables

Ces résultats ont été rassemblés dans un référentiel qui présente les capacités de travail des trois espèces sous la forme d'un abaque, une table de performance (figure 5). En fonction de facteurs faciles à mesurer tels que le poids vif de l'animal (qui caractérise sa capacité de travail) et la force de traction (qui caractérise le travail), elles indiquent :

- d'une part, de manière qualitative, l'intensité du travail accompli (légère, moyenne, lourde) ;

- d'autre part, de manière quantifiée, la durée moyenne de travail (d), la vitesse moyenne de travail (v) et la dépense énergétique liée à l'effort en plus de l'entretien (DE).

La figure 5 superpose les tables de performances de l'âne, du cheval et du zébu. Considérons un cheval de 275 kg produisant un effort de traction de 40 kg, ce qui représente une intensité de traction de 14,5 % PV ($40 / 275 \times 100$). La lecture de la table montre qu'il travaille dans la zone d'efficacité optimale (zone en caractères gras). Les termes de bilan de son travail seront les suivants :

- durée moyenne 4 h 49 mn ;

- vitesse moyenne 3,28 km/h ;
 - dépense énergétique en sus de l'entretien 21 000 kJ.
- Selon les espèces, les plages d'efficacité maximale au travail sont différentes :
- âne. Force de traction < 30 kg ; vitesse : 2,6-3,2 km/h ; durée : 3-6 h/j ;

- cheval. 25-45 kg ; 3,3 km/h ; 4 h 30-6 h 30/j ;
- zébu. 5-75 kg ; 2,4-2,9 km/h ; 4 h 30-6 h 30.

Ces trois espèces se complètent. La place occupée par le cheval comble l'important vide qui sépare l'âne et le zébu, qui, dans la réalité, est d'autant plus grand que les bovins sont attelés par paires.

PV (en kg)	F (en kg)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	PV (en kg)
100	d(h.mn)	6:46	3:43	2:09	1:04															
	v(km/h)	3,20	2,73	2,40	2,22															
	DE	5	5	3	1															
125	d(h.mn)	6:00	4:53	3:22	2:09	1:15														
	v(km/h)	3,25	3,00	2,65	2,40	2,24														
	DE	6	7	6	4	2														
150	d(h.mn)	6:00	5:46	4:21	3:08	2:09	1:23													
	v(km/h)	3,25	3,20	2,87	2,60	2,40	2,26													
	DE	7	8	8	7	5	3													
225	d(h.mn)	7:00	7:00	7:00	6:22	5:21	4:24	3:31	2:43	1:58	1:18									
	v(km/h)	3,60	3,60	3,40	3,36	3,32	3,26	3,16	3,04	2,90	2,72									
	DE	15	17	18	18	18	16	14	11	8	3									
250	d(h.mn)	7:00	7:00	7:00	6:54	6:03	5:03	4:13	3:26	2:43	2:02	1:26								
	v(km/h)	3,60	3,60	3,60	3,36	3,34	3,30	3,24	3,15	3,04	2,91	2,76								
	DE	16	18	20	20	20	19	18	15	12	9	4								
275	d(h.mn)	7:00	7:00	7:00	7:00	6:28	5:37	4:49	4:04	3:22	2:43	2:06	1:32							
	v(km/h)	3,60	3,60	3,60	3,36	3,36	3,33	3,28	3,22	3,14	3,04	2,92	2,79							
	DE	17	20	21	22	22	22	21	19	17	14	10	6							
300	d(h.mn)	7:00	7:00	7:00	7:00	6:54	6:06	5:21	4:38	3:57	3:19	2:43	2:09	1:38	1:09					
	v(km/h)	3,60	3,60	3,60	3,36	3,36	3,36	3,32	3,27	3,21	3,13	3,04	2,93	2,81	2,67					
	DE	19	21	23	24	24	24	23	22	20	18	15	11	7	2					
325	d(h.mn)	7:00	7:00	7:04	6:52	6:36	6:12	5:43	5:08	4:27	3:40	2:47	1:48	0:44						
	v(km/h)	3,25	3,25	3,18	3,03	2,88	2,76	2,63	2,52	2,43	2,35	2,28	2,22	2,17						
	DE	25	27	28	29	29	28	27	26	24	21	18	14	9						
350	d(h.mn)	7:00	7:00	7:06	6:57	6:43	6:24	6:00	5:31	4:57	4:17	3:33	2:43	1:48	0:49					
	v(km/h)	3,25	3,25	3,25	3,08	2,94	2,81	2,70	2,59	2,50	2,41	2,34	2,27	2,22	2,17					
	DE	27	29	30	31	31	31	30	29	27	25	22	19	15	10					
375	d(h.mn)	7:00	7:00	7:07	7:01	6:49	6:34	6:14	5:49	5:20	4:47	4:09	3:26	2:40	1:48	0:53				
	v(km/h)	3,25	3,25	3,25	3,13	3,00	2,87	2,76	2,66	2,56	2,47	2,39	2,33	2,27	2,22	2,18				
	DE	28	30	32	33	33	33	33	32	30	28	26	23	20	16	12				
400	d(h.mn)	7:00	7:00	7:08	7:03	6:54	6:41	6:24	6:03	5:39	5:10	4:38	4:01	3:21	2:37	1:48	0:56			
	v(km/h)	3,25	3,25	3,25	3,17	3,04	2,93	2,81	2,71	2,62	2,53	2,46	2,38	2,32	2,26	2,22	2,18			
	DE	30	32	33	35	35	36	36	36	33	32	30	27	24	21	17	13			
425	d(h.mn)	7:00	7:00	7:09	7:05	6:58	6:47	6:33	6:15	5:54	5:29	5:01	4:29	3:54	3:16	2:34	1:48	1:00		
	v(km/h)	3,25	3,25	3,25	3,21	3,09	2,97	2,87	2,77	2,67	2,59	2,51	2,43	2,37	2,31	2,26	2,22	2,18		
	DE	31	33	35	36	37	38	38	37	36	35	33	31	28	25	22	18	14		
450	d(h.mn)	7:00	7:00	7:09	7:07	7:01	6:52	6:39	6:24	6:06	5:46	5:20	4:53	4:22	3:48	3:11	2:31	1:48	1:02	
	v(km/h)	3,25	3,25	3,25	3,25	3,13	3,02	2,91	2,81	2,72	2,64	2,56	2,49	2,42	2,36	2,31	2,26	2,22	2,18	
	DE	33	35	37	38	39	40	40	40	39	38	37	35	32	30	27	23	19	15	
	F (kg)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	

Figure 5. Table de performance au travail du zébu, de l'âne et du cheval : plages d'efficacité maximale en caractères gras (force de traction : F en kg ; poids vif : PV en kg).

Quel attelage choisir pour un travail donné ?

Lorsque l'on est en mesure d'évaluer la force de traction moyenne requise pour un type de travail, il est facile de déterminer les attelages les mieux adaptés, à l'aide de cet abaque.

Dans le cas d'un labour superficiel, dans les sols ferrugineux tropicaux de la station de Garoua, des séries d'observations effectuées en plein champ ont montré que, pour un labour superficiel réalisé avec une charrue de modèle T27, la force de traction moyenne requise est comprise entre 35 et 40 kg. Ainsi, un tel travail peut être réalisé dans des conditions optimales par un zébu ou un cheval. Mais, pour un âne, il correspond déjà à un effort important, ce qui justifie, dans leur cas, l'emploi d'une charrue plus petite (modèle T20).

Pour le passage d'un coutrier, l'effort de traction requis dans un sol sec est tel (F moyenne : 70 kg) qu'il exclut pratiquement la possibilité d'atteler un cheval à cet outil (LE THIEC, 1991). Seuls les chevaux de plus de 300 kg (rares dans le Nord-Cameroun) sont capables d'effectuer ce travail du sol en sec sur une courte durée (entre 1 h 30 et 2 h).

Discussion

Améliorations possibles

Les estimations des optima d'effort de traction et des durées de travail de cette étude sont en bon accord avec la littérature relatant diverses expériences africaines, ce qui n'est pas toujours le cas pour les vitesses moyennes (tableau I).

La vitesse est difficile à évaluer. Elle varie selon la définition choisie — vitesse instantanée, vitesse moyenne —, selon le mode de prise en compte des temps morts (pauses, réglages des outils, etc.) et selon le degré d'apprentissage de l'animal. Au fil des saisons, les animaux deviennent plus réguliers dans leur effort et diminuent leur ralentissement.

La comparaison des mesures réalisées avec les données bibliographiques est souvent difficile par manque d'uniformité entre les différentes méthodes de mesures (LAWRENCE et PEARSON, 1993). En général, dans ce domaine, les définitions des paramètres mécaniques doivent être correctement posées et le contexte de l'étude précisément défini.

Tableau I. Performances moyennes du cheval, de l'âne et du zébu pour des travaux d'intensité soutenue de longue durée.

Sources	CIRAD, 1995	GOE, 1983	GTZ, 1982
Zébu (monobœuf)	Afrique	Afrique	Afrique
PV	300 à 350	450	350
F (kg)	40 à 45	45 à 64	50
F (% PV)	11 à 15	10 à 14	14
v	2,2	4,0 à 2,5	2,5
d	4 à 5	-	4 à 6
Ane	Afrique	Afrique	Afrique
PV	100 à 150	120	125
F (kg)	15 à 45	14 à 19	20
F (% PV)	15 à 30	12 à 16	25
v	1,8 à 2,2	4,0 à 2,5	2
d	3 à 4	-	3 à 3,5
Cheval	Sénégal	Afrique	Afrique
PV	300	385	300
F (kg)	40	39 à 48	35
F (% PV)	13	8 à 12	12
v	2,7	4,0 à 2,5	2,7
d	5 à 6	-	5 à 6

PV : poids vif (kg)

F : force de traction (kg ; % PV)

v : vitesse (km/h)

d : durée (h)

La formule de LAWRENCE et STIBBARDS (1990) donne une évaluation de la dépense énergétique de travail en joules. La conversion de cette valeur en unités fourragères est périlleuse et approximative. Cela limite les applications d'un tel résultat pour le développement en zone francophone, où la valeur alimentaire des fourrages est généralement référencée en unités fourragères.

La valeur du rendement net des bovins, bien qu'inférieure à celles des ânes et des chevaux, doit être relativisée. En effet, les ruminants ont la meilleure capacité à valoriser les maigres fourrages tropicaux et, à poids égal, ils consomment moins de biomasse que les équidés, ce qui peut s'interpréter comme une adaptation en situation de pénurie fourragère.

Fiabilité des résultats

Des contradictions sont apparues entre les travaux de plein champ et les simulations de l'effort de traction sur piste lorsque l'intensité de l'effort de traction devient très élevée (20 à 25 % PV). Néanmoins, cela ne remet pas en cause le choix initial de travail en simulation de l'effort de traction. En effet, des essais conduits en plein champ ne permettent pas de contrôler l'intensité de l'effort de traction. Or, cette condition est indispensable pour obtenir des situations répétables et comparables entre individus et entre espèces. L'exercice de traction dont il est question se réfère à des conditions particulières : rythme de travail imposé par le tour de piste, effort de traction quasi constant ; ce qui n'est pas toujours le cas en pratique. Par exemple, la présence d'un gradient (pente) ou d'une discontinuité (rupture de pente, différences pédologiques, obstacles, etc.) peuvent faire varier brutalement l'intensité de l'effort et modifier le comportement à l'effort des animaux.

Pistes de recherches

Les référentiels proposés dans ce document mériteraient d'être améliorés afin de les rendre utilisables dans des conditions plus variées. A ce jour, les acquis obtenus proviennent de travaux conduits en station. A la suite de l'utilisation intensive de la chaîne de mesure informatisée de 1993 à 1995, la maîtrise de ce matériel est désormais suffisante pour envisager son utilisation directement en milieu paysan. Cette délocalisation des activités de recherche permettrait d'intégrer des facteurs de variation du travail supplémentaires (durée, état corporel, attelages multiples, etc.). Cela paraît indispensable pour enrichir et améliorer la base de données acquise à ce jour sur un animal standard éloigné de la réalité des conditions paysannes (animaux reposés, entraînés, convenablement nourris et soignés).

Portée des résultats

Un outil de travail sur la ligne de semis

Ces résultats ont été appliqués à la conception d'un outil de travail à la dent sur la ligne de semis. A cette occasion, en liaison avec l'IRA, le meilleur compromis entre les dimensions de l'outil (nombre et formes des dents) et un type d'attelage (asins et bovins) a été recherché (GUYOTTE, 1995). La paire de bœufs s'est révélée la mieux adaptée pour ce travail et la formule d'outil finalement retenue est représentée sur la figure 6.

L'adaptation du couple animal-outil n'est cependant pas suffisante dans une réflexion complète d'élaboration d'un itinéraire technique. Des facteurs tels que l'évaluation du travail réalisé dans le sol (profil cultural, influence du précédent) et le comportement de la culture — développement racinaire, composantes du rendement — interviennent aussi dans le choix de la formule de l'outil. Dans ce domaine, la pluridisciplinarité est indispensable, d'autant plus que certains aspects économiques et sociaux interviennent dès lors qu'il s'agit de réfléchir à l'acceptabilité de ces itinéraires techniques par les populations.

Une démarche générale

En partant de l'étude des pratiques paysannes de traction attelée, un référentiel agro-technique a été construit (phase I), destiné à être utilisé en milieu paysan pour le développement, afin d'apporter, soit par l'innovation, soit par le conseil de gestion, des solutions aux problèmes rencontrés (phase II, retour au milieu paysan).

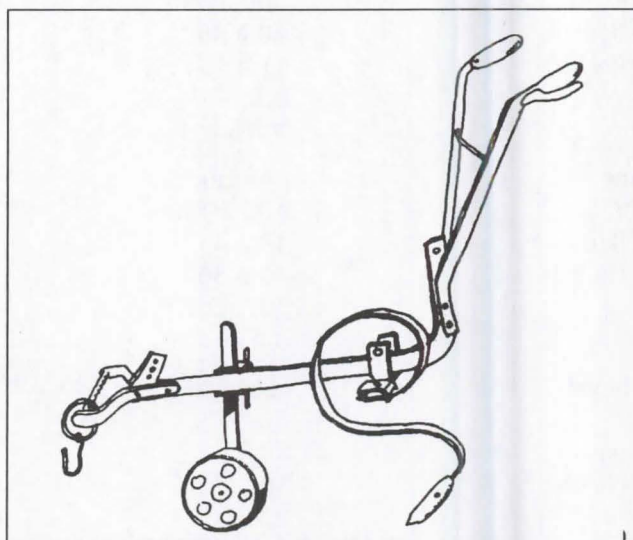


Figure 6. Outil pour le travail du sol minimum à la dent sur la ligne de semis (formule simple dent étroite sur bâti de charrue T34).

PHASE I. PRODUCTION DU RÉFÉRENTIEL

Cette première étape du travail s'articule autour de deux composantes : une étude systémique (enquêtes, suivis d'exploitation) et une étude expérimentale (présentée ci-dessus).

PHASE II. PROPOSITIONS DE SOLUTIONS (TESTS D'INNOVATIONS, CONSEIL DE GESTION)

Dans son développement complet, la phase II peut être séquencée en trois étapes : amélioration des pratiques, mises au point et propositions d'innovations techniques (limite explorée par l'étude) ; puis acceptabilité de l'innovation : tests et ajustements de ces innovations en milieu paysan (dispositif multi-local) débouchant sur l'adoption de l'innovation : enrichissement de la panoplie technique (vulgarisation-adoption).

Lors du retour en milieu paysan, on utilise, en conditions réelles, le référentiel agro-technique pour apporter aux problèmes rencontrés des solutions à la fois raisonnées et conformes à la demande du développement et aux besoins des producteurs. A ce jour, les limites explorées par ces travaux se limite à des tests d'attelages (mono-bœuf, paires d'ânes), des prototypes d'outils (coutrier, dents) et de harnais (monojoug Atecam) (LE THIEC, 1994) et, dans ce domaine, le travail restant à accomplir est important.

Conclusion

Cette recherche a permis de préciser pour les trois espèces étudiées les caractéristiques et les variations de leurs capacités de travail lorsque l'intensité de l'effort de traction varie. Elle débouche sur un référentiel pratique qui se révèle un guide utile pour optimiser le couple animal-outil et contribuer ainsi à l'amélioration de l'efficacité du travail. Certaines contradictions ont d'ores et déjà été mises en évidence entre les observations en simulation de l'effort de traction sur piste et des travaux réels en plein champ, notamment lorsque l'intensité de l'effort devient très élevée (nette diminution de la vitesse, augmentation de la durée de travail). Des améliorations des tables de performances sont donc possibles. En l'état, leur validité s'étend à des conditions précises dont les composantes fortes sont :

- la production d'un effort léger à moyen (\$ 20 \% PV) ;
- l'absence d'un gradient (pente) ou d'une discontinuité forte dans l'espace de travail débouchant sur un effort produit régulier (coefficient de variation de $F < 20 \%$).

Les besoins de recherches dans les domaines de la traction animale et de la culture attelée au Nord-Cameroun et dans la zone couverte par le futur

PRASAC (Pôle de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale) sont importants et doivent être menés de façon complémentaire en station et en milieu paysan. Cela nécessite la formation d'une équipe pour animer en continu un atelier expérimental sur la traction animale, qui comprendrait toujours un volet en station mais dont les travaux devraient se poursuivre et s'accroître en milieu paysan. Il s'agirait d'ajouter à l'étude des relations animaux-outils itinéraires techniques, les aspects concernant l'intégration de la composante traction animale dans les systèmes de production et la gestion des terroirs (impact sur les systèmes de culture, rôle dans les aménagements, systèmes d'alimentation, économie des unités de production, etc.).

Dans le but de mieux cerner les besoins des paysans en matière de traction animale, d'expliquer leurs choix vis-à-vis des propositions de la recherche et du développement et de comprendre leurs stratégies dans ce domaine, il semble utile de procéder à des investigations approfondies sur le comportement des agriculteurs équipés en traction animale et de tenter d'anticiper leurs réactions face aux innovations qui pourraient leur être proposées. Les expérimentations et enquêtes visant à tester et à améliorer les outils et les formules d'attelages existants, ainsi qu'à mettre au point des prototypes de harnachements, d'outils ou de charrettes réalisables par les artisans locaux ne peuvent être menées efficacement qu'avec l'appui des structures de développement. L'animation du réseau des agents de terrain sur le thème de la traction animale pourrait être confiée à la recherche. La recherche pourrait apporter au développement un appui scientifique et contribuer à la formation continue de ses agents auxquels pourrait être confiée la responsabilité d'enquêtes, de suivi de l'utilisation des attelages et de démonstrations.

Références bibliographiques

- BETKER J., KUTZBACH H.D., 1991. The role of donkeys in agricultural mechanisation in Niger. Potential and limitations. *In* Donkeys, mules and horses in tropical agricultural development, D. Fielding, R.A. Pearson, CTVM, université d'Edimbourg, Royaume-Uni, p. 223-230.
- BRODY S., 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corporation, New York, Etats-Unis.
- CIRAD, 1995. La traction animale dans les systèmes de production en Afrique, CIRAD (sous presse).
- COPLAND J. W., 1985. Draught animal power for production. ACIAR Proceedings 10, Canberra, Australia, 170 p.

- GALLET P., 1992. Mise en place d'une chaîne de mesures et formation à son utilisation. Rapport de mission au Cameroun. CIRAD-SAR, 40/92, Montpellier, France, 46 p.
- GOE M. R., 1983. Current status of research on animal traction. *World Animal Review* 45 : 2-17.
- GTZ, 1982. La traction animale en Afrique. GTZ (Ed.), Eschborn Allemagne, 522 p.
- GUYOTTE K., 1995. Opération travail minimum. Campagne 1994/1995. Rapport technique annuel, projet Garoua, IRA-IRZV, Garoua, Cameroun, 20 p.
- HOFFMANN D., NARI J., PETHERAM R. J., 1989. Draught animals in rural development. *ACIAR Proceedings* 27, Canberra, Australia, 347 p.
- KEMP D.C., 1987. La culture attelée. Travaux récents et activités en cours. *Revue mondiale de zootechnie* 63 : 7-14.
- LAWRENCE P.R., PEARSON R.A., 1985. Factors affecting the measurements of draught force, work output and power of oxen. *Journal of Agricultural Science* 105 : 703-714.
- LAWRENCE P.R., PEARSON R.A., 1993. Experimental methods in draught animal science : the need for standardization. *Proceedings of the Workshop on Human and draught animal power in crop production : experiences, present status and research priorities*, Harare, Zimbabwe, 12 p.
- LAWRENCE P.R., STIBBARDS R.J., 1990. The energy cost of walking, carrying and pulling loads on flat surfaces by Brahman cattle and swamp buffalo. *Animal Production* 50 : 29-39.
- LE THIEC G., 1991. Le coutrier à traction animale. Recherche d'alternative au labour en zones sèches. CEEMAT, Montpellier, France, 4 p.
- LE THIEC G., 1994. Mission d'appui. Amélioration des harnachements. CIRAD-SAR, 67/94, Montpellier, France, 10 p.
- LHOSTE P., 1989. Les projets de développement de la traction animale. Les contraintes liées à l'animal et les voies d'interventions prioritaires. *Les Cahiers de la recherche-développement* 21 : 10-18.
- SCHERRER J., 1966. Traction animale. Mesure de la puissance des attelages. *Compte rendu de missions*. 1. En Afrique, en Haute Volta, au Sénégal et en Côte d'Ivoire, 9 septembre au 29 octobre 1965. 2. A Madagascar, 14 janvier au 4 mars 1966. CEEMAT Antony, France, 122 p.
- SMITH A.J., 1981. Recherches sur l'énergie animale. Un domaine délaissé. *Revue mondiale de zootechnie* 40 : 43-47.
- SODECOTON, 1995. Rapport semestriel. Mai 1994 à octobre 1994. SODECOTON, Garoua, Cameroun, 25 p.
- VALL E., EBANGUI A.L., CARDINALE E., NJOYA A., DUGUE P., 1997. Exploitation de l'énergie animale. Diversité de la traction animale et pratiques de culture attelée. Atelier AgricultureS des savanes du Nord-Cameroun, Garoua, 25-29 novembre 1996.